BULLETIN du MUSÉUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE

PUBLICATION BIMESTRIELLE

écologie générale

4

N° 148

MAI-JUIN 1973

BULLETIN
du
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, 75005 Paris

Le *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, revue bimestrielle, paraît depuis 1895 et publie des travaux originaux relatifs aux diverses branches de la Science.

Les tomes 1 à 34 (1895-1928), constituant la 1[re] série, et les tomes 35 à 42 (1929-1970), constituant la 2[e] série, étaient formés de fascicules regroupant des articles divers.

A partir de 1971, le *Bulletin* 3[e] série est divisé en six sections (Zoologie — Botanique — Sciences de la Terre — Sciences de l'Homme — Sciences physico-chimiques — Écologie générale) et les articles paraissent, en principe, par fascicules séparés.

S'adresser :

— pour les **échanges,** à la Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, 38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris (C.C.P., Paris 9062-62) ;

— pour les **abonnements** et les **achats au numéro,** à la Librairie du Muséum 36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris (C.C.P., Paris 17591-12 — Crédit Lyonnais, agence Y-425) ;

— pour tout ce qui concerne la **rédaction,** au Secrétariat du *Bulletin*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris.

Abonnements pour l'année 1973

Abonnement général : France, 360 F ; Étranger, 396 F.

Zoologie : France, 250 F ; Étranger, 275 F.

Sciences de la Terre : France, 60 F ; Étranger, 66 F.

Écologie générale : France, 60 F ; Étranger, 66 F.

Botanique : France, 60 F ; Étranger, 66 F.

Sciences physico-chimiques : France, 15 F ; Étranger, 16 F.

International Standard Serial Number (ISSN) : 0027-4070.

BULLETIN DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
3e série, nº 148, mai-juin 1973, Écologie générale 4

Recherches hydroclimatiques dans les régions côtières de l'Atlantique tropical oriental
État des connaissances et perspectives [1]

par Georges-Roger Berrit *

Résumé. — Les variations saisonnières de grande amplitude que subissent les eaux marines côtières de l'Afrique occidentale tropicale ont fait l'objet de nombreuses observations et études dans une perspective « hydroclimatique ».

Après la description frontologique de 1958 et dans le cadre qu'elle a mis en évidence, les types principaux d'hydroclimats ont été précisés. Ils servent depuis de base écologique à de nombreux travaux de biologie marine.

Bien que les données hydroclimatiques ne soient que partiellement exploitées, on voit se dessiner l'orientation des recherches : corrélation entre les cycles biologiques et les hydrosaisons pour ce qui est des conséquences de l'hydroclimat ; essais d'interprétation de la variabilité saisonnière en vue de l'élaboration d'une chaîne de prévision météorologie-hydroclimat-biologie.

Abstract. — Large seasonal variations which occur in the waters off the tropical west African coasts are the matter of many works in the line of « hydroclimatology ».

After frontological studies carried out in 1958, some hydroclimats have been described in their detailled features and they are used from an ecological point of view for many biological works.

Although hydroclimatical data are only partly worked out, some orientations of research can now be noticed : 1) studies on correlations between biological and hydroclimatic cycles ; 2) trials for explaining seasonal variations in order to build a prediction chain including meteorology, hydroclimate and biology.

Introduction

On sait depuis longtemps que les températures de surface des eaux côtières de certains secteurs de la côte occidentale d'Afrique sont sujettes à d'importantes variations saisonnières. Bien des phénomènes plus ou moins concomitants, climats et variations biologiques, ont été mis en évidence de façon scientifique (Schott, 1944). Lorsque sont apparues sur les côtes d'Afrique les premières bases permanentes d'observation, l'examen et l'étude des rythmes saisonniers marins sont devenus l'une des premières préoccupations des océanographes.

1. Communication présentée aux Journées d'étude « Eaux et pêches outre-mer : inventaire, écologie, utilisation », Paris, 23-24 mars 1973, Laboratoire des Pêches Outre-Mer, Muséum national d'Histoire naturelle.

* *ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 Paris.*

Ceux-ci avaient pourtant été précédés, dès le début du siècle, par les météorologistes : la plus ancienne série d'observations de la température de la mer à point fixe sur la côte d'Afrique date de 1906-1912 (Cauvet-Duhamel, 1936). Les mesures devaient être reprises par le service météorologique du Togo de 1934 à 1943, à Lomé comme précédemment.

Mais c'est surtout après la dernière guerre que des chercheurs, biologistes d'abord, puis physiciens, installés à demeure en quelques points de la côte d'Afrique, relèveront

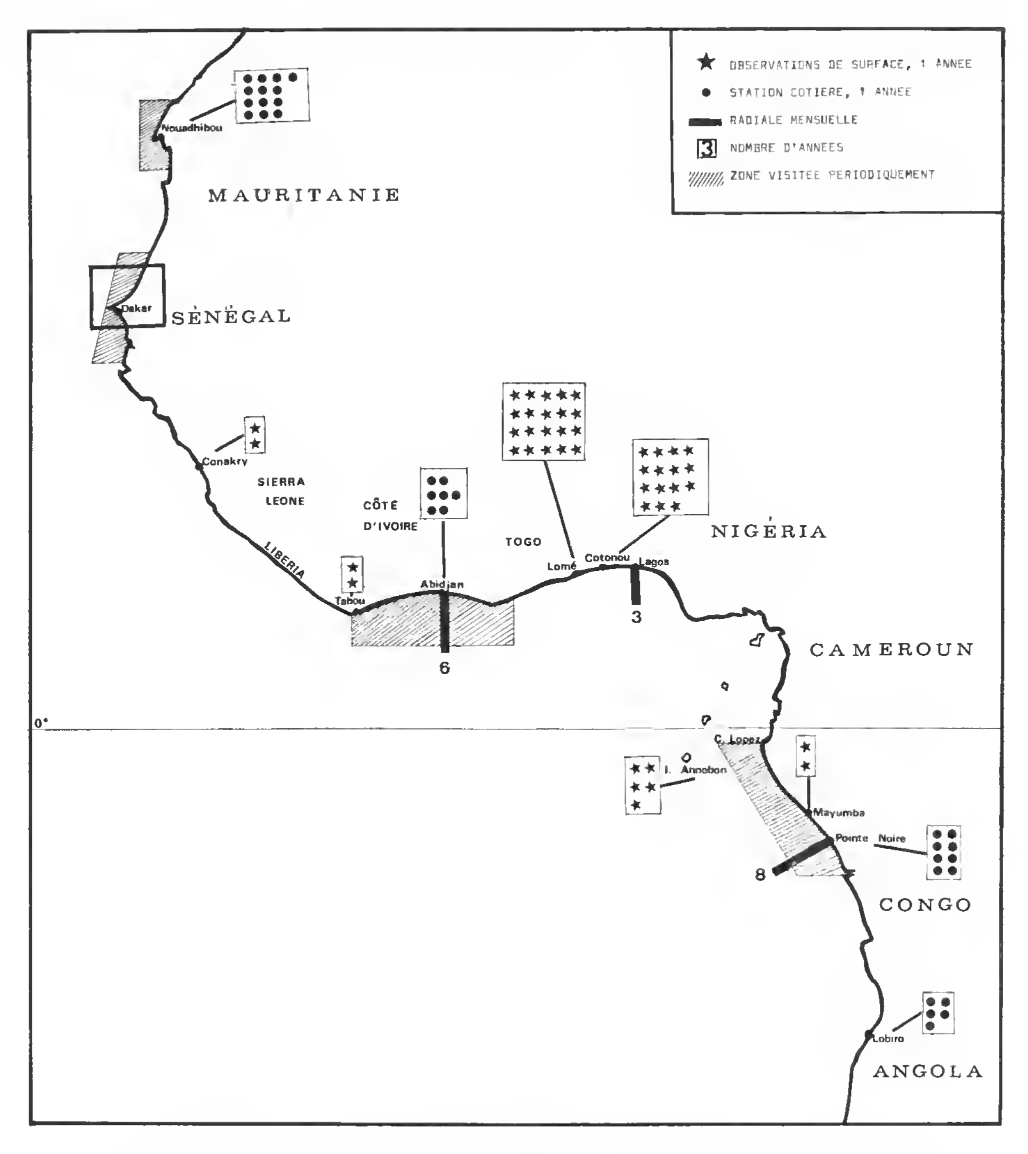


Fig. 1. — Données hydroclimatiques disponibles sur la côte ouest d'Afrique : positions et longueurs des séries.

les importantes variations du milieu physique, notamment la température de surface : Cadenat, à la station IFAN de Gorée, en 1946 (cf. Berrit, 1952) ; Varlet (1958) à l'IFAN d'Abidjan, en 1948 ; Collignon (1955) au Centre ORSTOM de Pointe-Noire, en 1953.

Au cours des années 1950 furent mises en place des stations d'observation réparties entre les tropiques, comprenant non plus seulement la mesure des températures de surface mais aussi celle de plusieurs paramètres (température, salinité, transparence), à différents niveaux : Port-Étienne (actuellement Nouadhibou), Dakar, M'Bour, Abidjan, Cotonou, Lomé, Pointe-Noire, etc...

Ainsi a commencé à se constituer un ensemble de données sur les variations saisonnières du milieu marin, sur l' « hydroclimatologie ».

La notion d'hydroclimat est assez intuitive : c'est l'équivalent, au sein d'une eau, du climat météorologique. On peut le définir comme la succession habituelle des caractères d'une couche d'eau en un lieu donné. L'hydroclimatologie se propose la description et l'explication des hydroclimats. Définissant le milieu et ses variations, elle fournit un cadre écologique à la biologie. L'interprétation et, plus tard, la prévision de celui-ci font appel à toutes les connaissances sur la variabilité océanique à une échelle de temps de l'ordre de

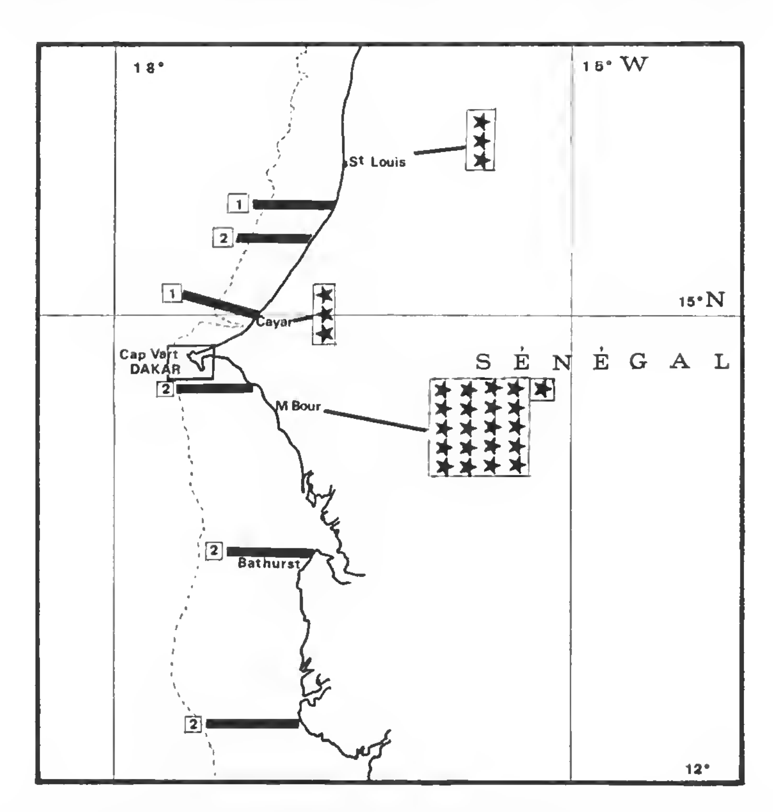


Fig. 2. — Observations de surface et radiales mensuelles dans la région du Sénégal.
Mêmes symboles que sur la figure 1.

la semaine. Il y a toujours une corrélation assez étroite entre climat météorologique et hydroclimat de la couche de surface : les interactions océan-atmosphère déterminent largement ce dernier.

En même temps que naissaient sur les côtes les stations d'observations continues, un effort d'extension vers la haute mer était entrepris : une opération menée en 1957-58 à l'aide de navires marchands permettait la description frontologique de la région et donnait, avec les informations côtières, le cadre saisonnier dans lequel allaient désormais s'inscrire les campagnes de couverture (Berrit, 1961 et 1962).

Celles-ci, commencées en 1956 avec la campagne de la « Calypso » (Berrit, 1959), devaient connaître leur plus grand développement pendant la décennie 60 : campagnes de l' « Ombango », de la « Reine Pokou », du « Gérard Tréca », opérations combinées Équalant, campagnes GTS, prospections du « Geronimo », du « Jean-Charcot », etc...

De cet effort nous pouvons juger aujourd'hui : la zone côtière africaine, de Nouadhibou à Lobito, est certainement la seule à offrir, pour une région comprise entre les deux tropiques, des séries de mesures cohérentes, bien réparties, d'une durée suffisante pour des études statistiques (certaines dépassent les 20 années), non seulement pour les conditions de sur-

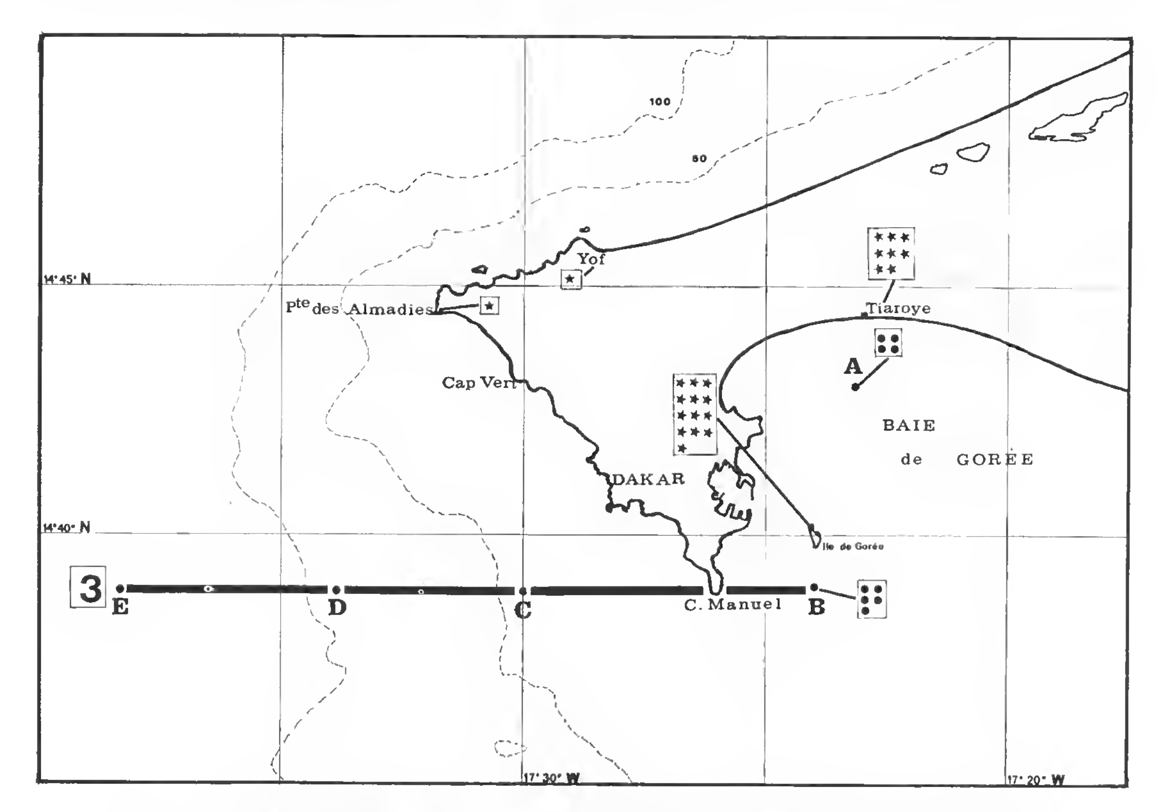


Fig. 3. — Presqu'île du cap Vert : positions et longueurs des séries hydroclimatiques. *Mêmes symboles que sur la figure 1.*

face mais sur des couches d'une certaine épaisseur (de 15 à 100 mètres), avec des paramètres parfois nombreux, et ce dans un cadre hydrologique reconnu et souvent décrit (annexe p. 96 et fig. 1-3).

Les équipes de biologistes ont orienté leurs travaux dans la perspective hydroclimatique. Des résultats pratiques concernant l'industrie des pêches ont été obtenus pour les thons tropicaux, les sardinelles, les poissons de chalut et les crevettes.

I. EXPLOITATION DES DONNÉES HYDROCLIMATIQUES

A. — Frontologie

Les informations ponctuelles (voir annexe p. 96) recueillies par les stations fixes ont été complétées par des mesures effectuées pendant une année par les paquebots mixtes et quelques cargos qui desservaient alors la côte d'Afrique à raison d'un navire par semaine. Une mesure de température et un prélèvement d'eau étant assurés tous les 60 milles environ, on a obtenu, malgré des défaillances, un matériel exploitable qui a permis de décrire le système frontologique lié aux hydrosaisons :

Deux zones frontales homologues, une dans chaque hémisphère, se manifestent par un resserrement sensible des températures 23 à 27°C.

Deux fois par an, aux périodes dites de « transition », les faisceaux se déplacent puis se fixent, pour des durées de l'ordre de six mois, en des positions relativement peu variables. Les régions balayées par le passage de ces fronts et où existent alternativement, selon la saison, des eaux chaudes ou froides, sont appelées « zones d'alternance ». L'une, au nord, s'étend du cap Verga (Guinée) au cap Blanc (Mauritanie) : son homologue sud couvre la région qui va du cap Lopez (Gabon) au cap Frio (Angola). Les positions des fronts paraissent en relation, au moins indirecte, avec les mouvements du front intertropical et le renforcement des alizés.

A la période où l'alizé sud, traversant l'équateur, se transforme en mousson du sud-ouest, l'orientation de la côte, du cap des Palmes aux Bouches du Niger approximativement, offre des conditions favorables à l'apparition d'upwellings. Il est bien connu (Schott, 1944) qu'on observe effectivement une période d'eaux froides dans ces régions qui ont été appelées « zones des upwellings ». Nous verrons plus tard que le problème de ces basses températures n'est pas simple et prête à controverse.

On observe donc sur la côte occidentale d'Afrique deux zones frontales en période d'hiver boréal : celles des zones d'alternance. Le front nord se place aux environs du cap Verga ; celui du sud vers le cap Frio (fig. 4). Six mois plus tard, durant l'hiver austral, on retrouve ces deux zones frontales qui se sont déplacées, la première jusqu'au cap Blanc, la seconde jusqu'au cap Lopez (fig. 5). Les upwellings déterminent deux fronts supplémentaires, l'un très net au cap des Palmes, l'autre, diffus, vers 2°E entre Cotonou et Lomé.

Les variations thermiques sont les « traceurs » de modifications des caractères des eaux

superficielles : on rencontre d'autres fronts, halins notamment, qui peuvent dans le cas général coïncider à peu près avec les fronts thermiques, ou, plus rarement, en être distincts tout en subissant le même mouvement (fig. 4-5).

L'apparition ou les mouvements des fronts déterminent des zones hydroclimatiques de deux types principaux, contrasté ou uniforme. Le type contrasté se rencontre dans les zones d'alternance et dans celle des upwellings ; température et autres caractères (salinité, sels nutritifs, productivité, etc...) y varient fortement le long de l'année ; l'amplitude ther-

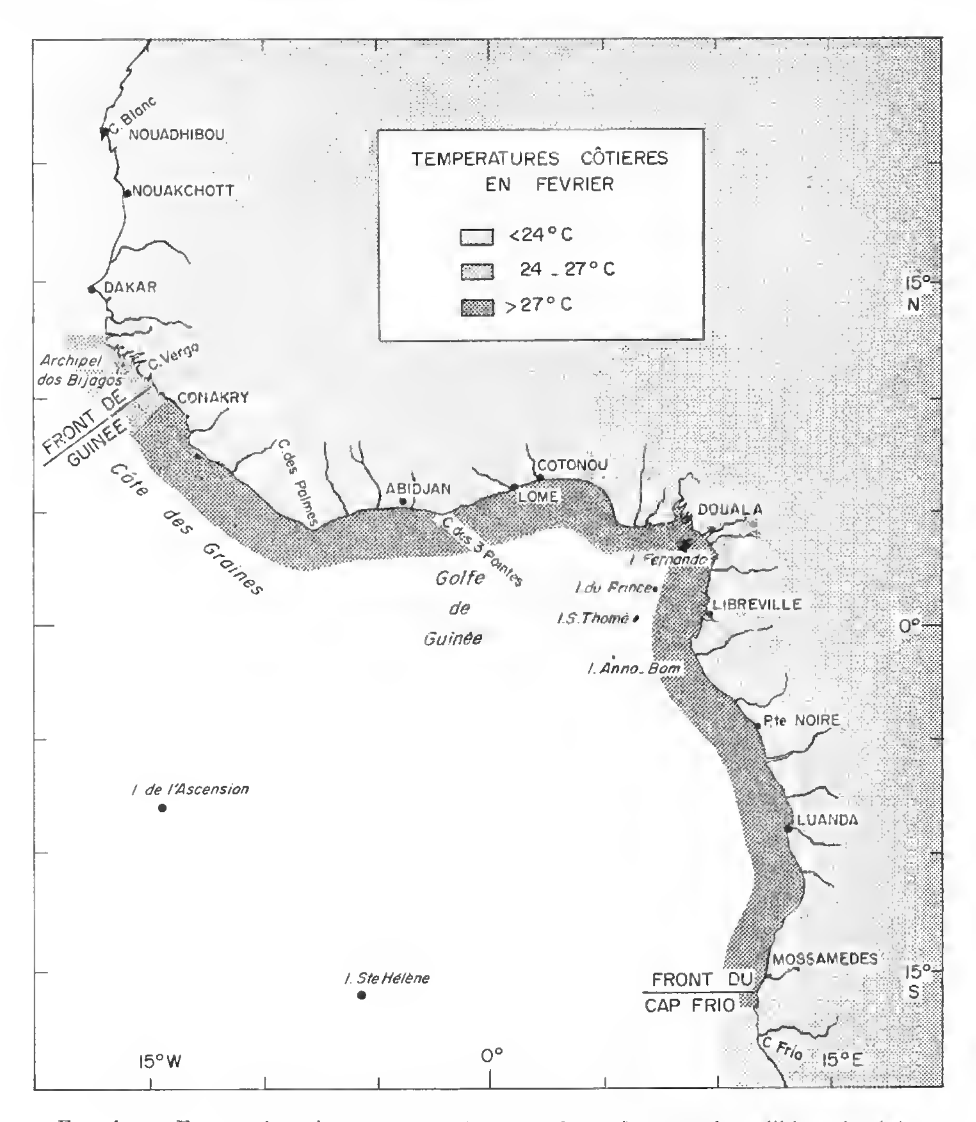


Fig. 4. — Fronts thermiques et températures de surface pendant l'hiver boréal.

mique peut dépasser 12°C. La variation haline atteint parfois 5‰ en surface. Dans le type uniforme qui règne en zones de permanence, les températures, toujours élevées, varient peu dans le temps (environ 4°C), tandis que les salinités gardent des valeurs relativement faibles, en relation avec les fortes précipitations. On trouve ce type d'hydroclimat le long de la côte des Graines et en baie de Biafra.

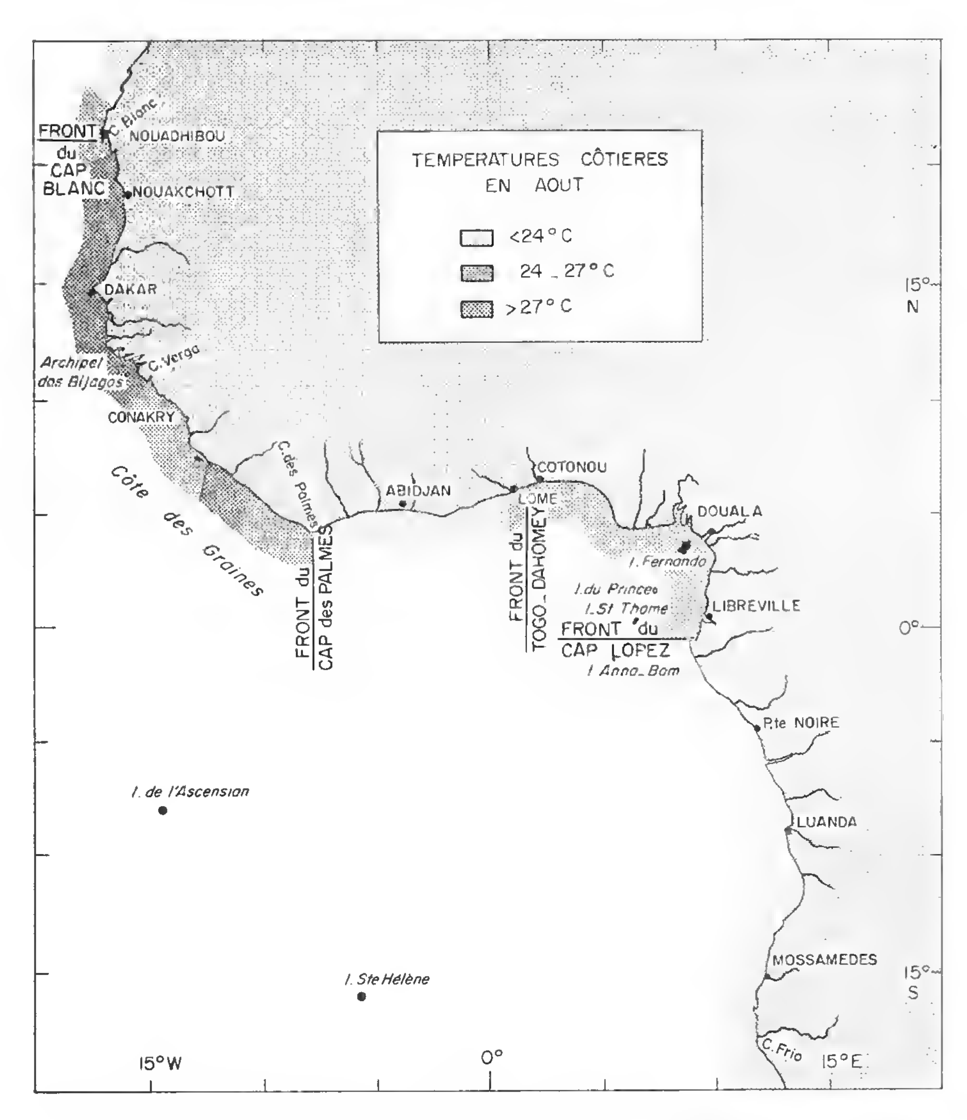


Fig. 5. — Fronts thermiques et températures de surface pendant l'hiver austral.

B. — Description des hydroclimats

Les chroniques les plus longues ont été relevées dans les régions d'hydroclimat contrasté. Quelques rares séries seulement, actuellement interrompues (Conakry, Lagos) concernent les zones de type uniforme (fig. 1, 2 et 3).

Pour les zones d'alternance et la région des upwellings, les données, abondantes, n'ont été jusqu'à présent que très partiellement exploitées : l'hydroclimat de la baie de Gorée a été décrit, il y a longtemps déjà, sur une année de mesure (Berrit, 1952). Celui de Pointe-Noire a été traité sur une période de 5 ans (Berrit, 1958). Morlière (1970) a examiné les saisons marines devant Abidjan de 1966 à 1970.

Le traitement des chroniques a eu pour but, dans ces différents cas, de déterminer des schémas de variation valables pour toute une région. On a donc recherché les données les moins influencées par les conditions locales et choisi des immersions de référence tenues, a priori, comme représentatives d'un espace géographique. A ces immersions, plus ou moins grandes (15 m à Pointe-Noire, 10 m à Abidjan), on perçoit certaines relations température-salinité qui permettent de rattacher l'alternance des hydrosaisons à des changements de masses d'eaux et de formuler ainsi des hypothèses sur les mécanismes hydroclimatiques.

Un résultat intéressant est la mise en évidence du cycle semi-annuel (4 saisons et 4 transitions par an) dans la région de Pointe-Noire. Ce phénomène, peu perceptible certaines années, et probablement masqué partiellement par des influences locales (eaux du Congo), est confirmé par les observations effectuées en Angola ; on le retrouve en Côte d'Ivoire. Il se traduit assez clairement dans les cycles biologiques d'apparition d'espèces de planeton, de croissance des poissons, de reproduction, etc...

Depuis quelques années, des études plus détaillées ont examiné les variations de l'hydroclimat à l'intérieur de quelques-unes des zones hydroclimatiques ; les campagnes mensuelles de couverture des plateaux continentaux du Congo-Gabon (Merle, 1972), de Côte d'Ivoire (Morlière et Rebert, 1972) et du Sénégal (Merle, *inédit*), tout en confirmant les schémas généraux, font apparaître des variations géographiques sensibles.

En Côte d'Ivoire, par exemple, on note une évolution d'ouest en est, interprétée comme une différence dans l'intensité de l'upwelling en relation avec l'orientation de la côte : pendant la saison froide, la couche de mélange devient de plus en plus épaisse quand on va vers le cap des Trois-Pointes, tandis que les températures diminuent et que les salinités augmentent.

Dans la région du Congo-Gabon, Merle (1972) distingue, en saison froide également, différents faciès hydrologiques qu'il attribue à des degrés différents d'influence des eaux continentales et des phénomènes d'upwelling.

Dufour et Merle (1972) ont traité dans cette même perspective une chronique de Pointe-Noire, en vue, non plus d'une description de l'hydroclimat de la région, mais de celui du point même d'observation. Prenant en considération l'ensemble de la couche de surface (et non plus comme précédemment un niveau profond), ils ont mis en évidence l'importante influence locale des eaux du Congo.

II. UTILISATION DES DONNÉES HYDROCLIMATIQUES PAR LA BIOLOGIE

Assez approximatif et probablement incomplet, cet inventaire rapide met en évidence l'effort soutenu depuis une vingtaine d'années par les institutions scientifiques établies dans les différents États des côtes d'Afrique occidentale. Cette documentation, œuvre conjointe de biologistes et de physiciens, a eu dès l'abord pour objectif de définir un milieu qui, malgré sa situation géographique, présentait des variations saisonnières du même ordre que celles qui règnent dans les zones tempérées.

Il est caractéristique que pratiquement tous les travaux de biologie exécutés sur la côte d'Afrique depuis une dizaine d'années font une large place à l'hydroclimat et aux connaissances acquises dans ce domaine. Nombreuses sont dès maintenant les études qui recherchent dans les variations saisonnières du milieu l'interprétation de faits observés.

Dès les années 50, Rossignol (non publié) remarquait que la présence des thons tropicaux et des sardinelles paraissait liée aux hydrosaisons. La relation entre les concentrations d'albacores (*Thunnus albacares*) et les fronts était démontrée en 1965 (Le Guen *et al.*, 1965*a-b*) et devait se trouver depuis régulièrement confirmée.

La connaissance du rythme semi-annuel dans la région de Pointe-Noire devait permettre à Poinsard et Troadec (1966) d'apprécier correctement l'âge des « bars » (Sciaenidae) qui constituent la plus grande partie des apports du chalutage de la région, par la lecture des anneaux de croissance des otolithes, et d'établir ainsi une des données nécessaires à l'étude de la dynamique des stocks de ces poissons.

Les deux espèces de *Sardinella* (*S. aurita* et *S. eba*) qui forment la majeure partie des ressources en poissons pélagiques côtiers de l'Afrique de l'Ouest sont très sensibles aux conditions hydroclimatiques (Rossignol, 1955). L'une et l'autre ont été récemment étudiées, dans cette perspective notamment, dans le cadre d'un projet FAO. Dessier et Pianet (1970), Conand et Fagetti (1971) rattachent les périodes de ponte et la distribution des larves aux conditions de milieu et à leurs variations, les premiers pour le région Congo-Gabon, les seconds pour le Sénégal. On sait que les concentrations et les déplacements des adultes semblent commandés, plus ou moins directement, par le rythme saisonnier : les études, menées en différents points de la côte (Troadec, 1964 ; Champagnat, 1966), indiquent que, si *S. eba* fréquente principalement les eaux chaudes, les grosses *S. aurita* sont concentrées dans les eaux froides et paraissent se déplacer avec elles ; on note pourtant l'existence de populations sédentaires qui échapperaient aux températures élevées de la couche de surface par une plongée au-dessous de la thermocline (Poinsard, *in litt.*).

C'est encore par l'observation des variations du milieu qu'il a été possible de résoudre le problème de la détermination précise de l'âge des sardinelles : la reproduction ayant lieu à tout moment de l'année, les méthodes classiques laissaient subsister une incertitude de 12 mois (pour un âge moyen du stock exploité de 3 ans). La vitesse de croissance des jeunes pendant leur première année a été déterminée par l'analyse systématique des cohortes nées à des températures différentes (ces poissons pondent toute l'année dans des eaux dont

la température varie de 18° à 28°C) : une corrélation a été établie entre la moyenne vertébrale et la température de l'eau au moment de l'embryogenèse (Gheno et Poinsard, 1969).

Une autre utilisation possible, dans le domaine pratique de la surveillance des ressources naturelles, est l'exploitation de la relation générale qui rattache l'importance de la reproduction aux conditions de milieu qui règnent au moment de celle-ci ; ce fait prend une signification particulière en zone tropicale où l'exploitation des stocks ne porte que sur quelques classes d'âge : les données hydroclimatiques peuvent permettre de préciser, plusieurs années à l'avance, l'ordre de grandeur du tonnage exploitable (Poinsard, *in litt.*).

Aux niveaux inférieurs de la chaîne trophique, l'influence de l'hydroclimat est sensible sur la productivité primaire et sur la composition taxinomique du phytoplancton (Berrit et Troadec, 1959 ; Dandonneau, 1971 et 1972 ; Dufour et Merle, 1972 ; Reyssac, 1966*a-b* ; Sournia, 1969).

Récemment, on a pu mettre en évidence des relations analogues concernant les cycles du zooplancton et particulièrement des copépodes (Binet, 1970 et 1972 ; Binet et Dessier, 1971 ; Binet *et al.*, 1972*a-b*).

Ces quelques exemples, bien loin de dresser un bilan exhaustif des travaux de biologie qui utilisent ou suscitent les recherches hydroclimatologiques, indiquent qu'un parti déjà important a été tiré de résultats pourtant encore fragmentaires.

III. ORIENTATIONS ET PERSPECTIVES

On voit qu'au stade descriptif les grandes lignes ont été dégagées : à peu près définis, les traits de l'évolution saisonnière peuvent être précisés et affinés au moyen des données disponibles. Bien entendu, les observations sont poursuivies : les stations permanentes constituent un réseau de surveillance du milieu qui permettent aux océanographes d'estimer à tout moment un degré de normalité des conditions ambiantes. De fortes anomalies, immédiatement repérées, attirent l'attention sur d'autres phénomènes anormaux concomitants, physiques et biologiques, permettant de vérifier certaines corrélations.

Ces résultats sont d'ores et déjà suffisants pour que se dessinent diverses orientations de recherches en vue de l'interprétation et de la prévision de l'hydroclimat par la météorologie, d'une part, des phénomènes biologiques par l'hydroclimat d'autre part :

1. Les études sur le mécanisme des hydroclimats posent d'énormes problèmes et les progrès dans cette voie ne peuvent être que très lents, dans des régions où les phénomènes océanologiques et météorologiques généraux sont encore très mal connus, et leur variabilité évidemment plus encore.

A titre d'exemple, la question des upwellings est loin d'avoir reçu une interprétation satisfaisante : devant les côtes du Congo-Gabon, comme devant celles de la Côte d'Ivoire,

l'explication classique par la théorie d'Ekman se heurte à des difficultés : si l'orientation de la côte joue un rôle démontré (Morlière et Rebert, 1972), ce qui est en faveur de la théorie, les vents paraissent trop faibles (pratiquement toujours moins de 5 m/s, de l'ordre de 2 m/s en moyenne) et leur rotation saisonnière se limite à quelques dizaines de degrés. Les essais de rattachement des températures à Abidjan au régime des vents (Verstraete, 1970*a*) ne sont pas concluants. Il semble que, dans le cas de cet « upwelling », la chute saisonnière de quelques 10°C de la température de surface (moyenne mensuelle) soit à attribuer à trois causes distinctes : le refroidissement général hivernal de l'Atlantique tropical sud-est (environ 4°C), une modification de la structure dynamique en dôme (cuvette thermique) située entre la Côte d'Ivoire et l'équateur, et, enfin, des effets locaux d'upwelling classique (Ingham, 1970*a*).

On peut envisager cependant un abord statistique des relations météorologie-océanographie par recherche de corrélations, là où l'information dans les deux domaines est suffisante. C'est ainsi qu'une étude est en cours pour déterminer la corrélation entre vent local et température de surface à M'Bour (Sénégal), sans hypothèse préalable sur le mécanisme de l'interaction océan-atmosphère.

2. En tant qu'instrument écologique, la connaissance précise de l'hydroclimat dans les régions où existent des données biologiques sur les variations saisonnières permet de poser à une certaine échelle les problèmes de corrélation vie-milieu. Nous avons vu que des travaux ont déjà été réalisés dans cette optique. Diverses difficultés ont surgi, qui font l'objet d'études et de réflexions. De nouvelles définitions et des techniques de traitement des données sont en cours d'élaboration : la définition même de l'hydroclimat, rapportée jusqu'à présent, pour des raisons de technique de traitement et dans un souci de généralisation, à une immersion donnée ne doit-elle pas être étendue de façon plus satisfaisante à l'ensemble de la couche d'eau ? Ne faut-il pas, par ailleurs, accorder davantage d'attention aux vitesses de variation et à certaines notions de « stress » qui leur sont rattachées qu'aux valeurs elles-mêmes des paramètres, et modifier en conséquence la notion de saison ?

On peut se demander aussi si le choix des paramètres est adéquat. Les mesures, effectuées par des physiciens, portent sur les grandeurs qu'ils ont coutume d'étudier. Celles-ci correspondent-elles à des données biologiquement significatives, ou n'en sont-elles que des traceurs assez grossiers ? Température et salinité ne sont, semble-t-il, que des indicateurs sommaires. Il faut y ajouter d'autres déterminations, comme celle de l'oxygène (Troadec, 1971), des sels nutritifs, de la pénétration de l'énergie lumineuse, etc...

3. Peut-on envisager une chaîne de prévision météorologie-hydroclimatologie-biologie ? Dans certaines situations favorables, on la voit s'esquisser. C'est le cas de la zone d'alternance nord (Mauritanie, Sénégal, Sierra Leone), où s'observe un bon accord statistique entre les mouvements du front intertropical et ceux du front océanique (Ingham, 1970*b*). La prévision météorologique et même la simple observation (si le temps de réponse du phénomène frontal océanique au phénomène météorologique est assez long) pourrait permettre de prévoir les mouvements biologiques liés aux déplacements du front marin, comme les concentrations d'albacores par exemple.

L'étude des anomalies, évoquée plus haut pour un traitement en temps réel, est aussi un mode d'approche statistique, rendu possible par la longueur des chroniques. Les séries

météorologiques sont généralement disponibles, encore que la localisation des points d'observation ne soit pas toujours satisfaisante. Il est plus rare de disposer d'observations biologiques de qualité et de densité comparables. De façon générale, il faut noter que les séries météorologiques, hydroclimatiques et biologiques, constituées séparément, n'offrent pas, bien souvent, les caractéristiques de régularité et d'adéquation géographique requises pour la recherche des corrélations.

Conclusion

Bien qu'encore assez peu exploitées, les nombreuses données hydroclimatiques de la côte occidentale d'Afrique ont fourni aux biologistes des informations précises sur les variations du biotope et permis le développement d'études écologiques dont certaines ont atteint le niveau de l'application dans le domaine de la pêche.

La prévision de l'hydroclimat par la voie analytique ne peut être qu'une œuvre de longue haleine, mais les chroniques météorologiques et hydroclimatiques existantes permettent d'aborder l'étude statistique de certaines corrélations atmosphère-océan à une échelle de temps de l'ordre de la semaine.

On voit ainsi se dessiner la perspective d'une prévision biologique basée sur la météorologie, ce qui implique une étroite collaboration entre océanographes-physiciens, océanographes-biologistes et météorologistes.

ANNEXE

Observations hydroclimatiques sur la côte occidentale d'Afrique

1. Observations quotidiennes de surface à point fixe, comprenant la température et généralement la salinité.

a — 110 années environ de mesures, représentées principalement par :
- — 3 stations au Sénégal, avec 41 années en trois points : Gorée, Thiaroye, M'Bour ;
- — 1 station au Togo (Lomé) : 21 ans ;
- — 1 station au Dahomey (Cotonou) : 15 ans ;
- — 1 station au Congo (Pointe-Noire) : 15 ans ;
- — 1 station en Angola (Luceira) : 3 ans.

b — Des séries plus courtes (quelques années seulement) à Saint Louis-Mer, Cayar, divers points de la presqu'île du cap Vert, Conakry, Tabou, Mayoumba, Anno-Bon.

2. Stations côtières avec observation à plusieurs niveaux des températures, salinités, parfois oxygène, transparence (Secchi) :
- — en Mauritanie (région du cap Blanc), 4 stations : durée 4 à 13 ans ;
- — au Sénégal (baie de Gorée), 2 stations : durée 4 ans ;
- — en Côte d'Ivoire (Abidjan), 1 station : durée 6 ans ;
- — au Congo (Pointe-Noire), 2 stations successives : durée totale 8 ans ;
- — en Angola (Lobito), 1 station ; durée 5 ans.

3. Radiales répétées régulièrement, avec une fréquence voisine du mois et couvrant le plateau continental :
- — en baie du Lévrier (Mauritanie), pendant 4 ans ;

— devant Lagos (Nigéria), pendant 3 ans ;
— devant Bassam (Côte d'Ivoire), pendant 6 ans ;
— devant Pointe-Noire (Congo), pendant 8 ans.

4. Couvertures périodiques du plateau continental, avec une fréquence voisine du mois, en quatre régions :
— partie nord de la Mauritanie, pendant 1 an ;
— Sénégal : 3 ans ;
— Côte d'Ivoire : 2 ans ;
— Congo-Gabon : 2 ans.

5. Situations couvrant des régions au large (500 milles des côtes environ).

On peut compter parmi les données hydroclimatiques les cartes de « situations », c'est-à-dire les résultats de campagnes plus ou moins synoptiques réalisées sur de relativement grandes étendues en périodes de saisons établies, et qui donnent des exemples des conditions océanologiques en telle ou telle saison pour telle ou telle région. Ces situations existent pour les deux saisons chaudes et pour la grande saison froide à l'est du méridien 2°E. D'autres couvertures ont été réalisées en grande saison chaude et en grande saison froide pour l'ensemble de la zone au sud de l'équateur thermique par les campagnes Équalant. La région nord paraît moins bien couverte ; cette lacune sera bientôt comblée par les campagnes Cineca, actuellement en cours.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Beardsley, G. R. jr., 1969. — Distribution and apparent relative abundance of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern tropical Atlantic in relation to oceanographic features. *Bull. mar. Sci.*, **19** (1) : 48-56.

Berrit, G. R., 1952. — Esquisse des conditions hydrologiques du plateau continental du Cap Vert à la Gambie. *Bull. IFAN*, **14** (3) : 735-761.

— 1958. — Les saisons marines à Pointe-Noire. *Bull. Inf. Com. cent. Océanogr. Étude Côtes*, **10** (6) : 335-358.

— 1959. — Résultats scientifiques de la campagne de la Calypso. *Annls Inst. océanogr.*, **37** : 37-73.

— 1961. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Première partie. Généralités. *Cah. océanogr.*, **13** (10) : 715-727.

— 1962*a*. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Deuxième partie. Étude régionale. *Cah. océanogr.*, **14** (9) : 633-643.

— 1962*b*. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Deuxième partie. Étude régionale (suite et fin). *Cah. océanogr.*, **14** (10) : 719-729.

— 1971. — Hydroclimatologie des régions côtières de l'Atlantique tropical oriental. Multigr., 14 p.

Berrit, G. R., et J. P. Troadec, 1959. — Richesse en phytoplancton des eaux côtières de la région de Pointe-Noire. *Doc. scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, **84**, 23 p.

Binet, D., 1970. — Aperçu sur les variations saisonnières du zooplancton et plus particulièrement des copépodes du plateau continental de Pointe-Noire (Congo). *Doc. scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, n^lle^ série, **8**, 107 p.

— 1972. — Variation des biovolumes de zooplancton du plateau continental entre le cap des Palmes et le cap des Trois Pointes. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **3** (2) : 60-93.

Binet, D., et A. Dessier, 1971. — Copépodes pélagiques de la région congolaise. 1. Liste des espèces et notes écologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **9** (4) : 411-457.

BINET, D., A. DESSIER, M. GABORIT et M. ROUX, 1972. — Premières données sur les copépodes pélagiques de la région congolaise. II. Analyse des correspondances. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **10** (2) : 125-137.

BINET, D., M. GABORIT et M. ROUX, 1972. — Copépodes pélagiques du plateau ivoirien. Utilisation de l'analyse des correspondances dans l'étude des variations saisonnières. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr.* Abidjan, **3** (1) : 47-79.

BOELY, T., et Ch. CHAMPAGNAT, 1968. — Observations préliminaires sur *Sardinella aurita* des côtes sénégalaises. *Rapp. Proc. verb. Cons. perm. int. Explor. Mer*, **159** : 176-181.

CAUVET-DUHAMEL, P., 1936. — Température de la mer à Lomé. *Ann. Phys. Globe FOM*, 1936 : 54-56.

CHAMPAGNAT, Ch., 1966. — Indice relatif d'abondance saisonnière des Sardinelles de la « Petite côte » du Sénégal. *Doc. scient. prov., Centre Rech. océanogr. Dakar-Thiaroye*, **1**, 19 p.

COLLIGNON, J., 1955. — Observations hydrologiques dans la baie de Pointe-Noire, *Bull. Inst. Études centrafr.*, Brazzaville, **10** : 153-166.

CONAND, F., et E. FAGETTI, 1971. — Description et distribution saisonnière des larves de sardinelles des côtes du Sénégal et de la Gambie en 1968 et 1969. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **9** (3) : 293-318.

DANDONNEAU, Y., 1971. — Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. I. Groupes d'espèces associées. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **9** (2) : 247-265.

— 1972. — Aspects principaux des variations du phytoplancton sur le plateau continental Ivoirien. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **3** (2) : 32-59.

DESSIER, A., et R. PIANET, 1970. — Répartition et abondance des œufs et larves de Clupeidae et Engraulidae des côtes du Congo et du Gabon en 1968-1969. Aperçu sur les conditions physicochimiques et biologiques du milieu. Projet UNDP/SF/217 CON (B). FAO, Contr., 03 et *Doc. scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, n^lle sér., 09.

DUFOUR, P., et J. MERLE, 1972. — Station côtière en Atlantique tropical. Hydroclimat et production primaire. *Doc. scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, n^lle sér., **25**, 48 p.

GALLARDO, Y., et J. C. LE GUEN, 1972. — Caractères hydrologiques des régions frontales d'Angola, du Gabon et du Congo favorables aux concentrations d'albacores. *Doc. scient. Centre ORSTOM Poine-Noire*, n^lle sér., **23**, 18 p.

GARCIA, S., 1972. — Biologie de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. Ponte et migration. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **3** (1) : 19-45.

GHENO, Y., et J. MARCILLE, 1971. — La pêche de *Sardinella aurita* par les thoniers à l'appât vivant sur les côtes du Congo et du Gabon. *Doc. scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, n^lle sér., **12**, 24 p.

GHENO, Y., et F. POINSARD, 1969. — Observations sur les jeunes sardinelles de la région de Pointe-Noire (Congo). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, (1968) 1969, **6** (2) : 53-67.

INGHAM, M. C., 1970*a*. — Coastal upwelling in the north western Gulf of Guinea. *Bull. mar. Sci.*, **20** (1) : 1-34.

— 1970*b*. — Wind and sea surface temperature off Mauritania-Sierra Leone. *Bureau Comm. Fish. trop. Atl. Biol. Lab., Miami, Contr.* **154** : 55-57.

LE GUEN, J. C., 1971. — Dynamique des populations de *Pseudotolithus elongatus*. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **9** (1) : 3-84.

LE GUEN, J. C., F. POINSARD et J. P. TROADEC, 1965*a*. — La pêche de l'albacore dans la zone orientale de l'Atlantique tropical. Étude préliminaire. *Doc. scient. ORSTOM Pointe-Noire*, **263**, 27 p.

LE GUEN, J. C., F. POINSARD et J. P. TROADEC, 1965*b*. — The yellowfin tuna fishery in the eastern tropical Atlantic. *Comm. Fish. Rev.*, **27** (8) : 7-18.

LONGHURST, A. R., 1962. — A review of the oceanography of the Gulf of Guinea. *Bull. IFAN*, **3** : 633-663.

Merle, J., 1972. — Conditions hydrologiques saisonnières de la marge continentale du Gabon et du Congo. Étude descriptive. *Doc. scient. ORSTOM Pointe-Noire*, nlle sér., **27**, 20 p.

Morlière, A., 1970. — Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **1** (2) : 1-15.

Morlière, A., et J. P. Rebert, 1972. — Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **3** (2) : 1-30.

Poinsard, F., et J. P. Troadec, 1966. — Détermination de l'âge par la lecture des otolithes chez deux espèces de Sciaenidae ouest-Africains. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, **30** (3) : 291-307.

Reyssac, J., 1966*a*. — Quelques données sur la composition et l'évolution annuelle du phytoplancton au large d'Abidjan. *Doc. scient. prov. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, 003, 31 p.

— 1966*b*. — Diatomées et dinoflagellés des eaux ivoiriennes pendant l'année 1965. Variations quantitatives. *Doc. scient. prov. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, 010, 22 p.

— 1969. — Mesure de la production primaire par la méthode du C^{14} au large de la Côte d'Ivoire. *Doc. scient. prov. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, 035, 16 p.

Rossignol, M., 1955. — Premières observations sur la biologie des sardinelles dans la région de Pointe-Noire (*S. aurita* et *S. eba*). *Rapp. Proc. verb. Cons. perm. int. Explor. Mer*, **137** : 17-28.

Schott, G., 1944. — Geographie des Atlantischeu Ozeans. Hamburg, 1944, 368 p.

Sournia, A., 1969. — Cycle annuel du phytoplancton et de la production primaire dans les mers tropicales. *Mar. Biol.*, **3** (4) : 287-303.

Troadec, J. P., 1964. — Prise par unité d'effort des sardiniers ponténégrins. Variation saisonnière de l'abondance des sardinelles dans les eaux congolaises. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **2** (4) : 17-25.

— 1968. — Le régime alimentaire de deux espèces de Sciaenidae Ouest-Africains (*Pseudotolithus senegalensis* et *P. typus*). *Doc. scient. prov. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, 030, 24 p.

— 1971. — Biologie et dynamique d'un Sciaenidae ouest-Africain, *Pseudotolithus senegalensis*. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **2** (3) : 1-225.

Troadec, J. P., M. Barro et P. Bouillon, 1969. — Pêches au chalut sur la radiale de Grand Bassam (Côte d'Ivoire), mars 66-février 67. *Doc. scient. prov. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, 33 : 14 p.

Varlet, F., 1958. — Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan. *Études éburn.* **7** : 1-47.

Verstraete, J. M., 1970*a*. — Étude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **1** (3) : 1-17.

— 1970*b*. — L'oxygène au large de Grand Bassam. *Doc. scient. Centre Rech. océanogr. Abidjan*, **1** (3) : 19-35.

Wise, J.-P., 1969. — Tuna purse seining in west Africa, II. Data summary nº 7. Bur. Comm. Fish., Miami : 14 p.

Manuscrit déposé le 10 avril 1973.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 3e sér., nº 148, mai-juin 1973, Écologie générale 4 : 85-99.

Achevé d'imprimer le 31 janvier 1974.

IMPRIMERIE NATIONALE

3 564 003 5

Recommandations aux auteurs

Les articles à publier doivent être adressés directement au Secrétariat du *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris. Ils seront accompagnés d'un résumé en une ou plusieurs langues. L'adresse du Laboratoire dans lequel le travail a été effectué figurera sur la première page, en note infrapaginale.

Le *texte* doit être dactylographié à double interligne, avec une marge suffisante, recto seulement. Pas de mots en majuscules, pas de soulignages (à l'exception des noms de genres et d'espèces soulignés d'un trait).

Il convient de numéroter les *tableaux* et de leur donner un titre ; les tableaux compliqués devront être préparés de façon à pouvoir être clichés comme une figure.

Les *références bibliographiques* apparaîtront selon les modèles suivants :

Bauchot, M.-L., J. Daget, J.-C. Hureau et Th. Monod, 1970. — Le problème des « auteurs secondaires » en taxionomie. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 2e sér., **42** (2) : 301-304.

Tinbergen, N., 1952. — The study of instinct. Oxford, Clarendon Press, 228 p.

Les *dessins* et *cartes* doivent être faits sur bristol blanc ou calque, à l'encre de chine. Envoyer les originaux. Les *photographies* seront le plus nettes possible, sur papier brillant, et normalement contrastées. L'emplacement des figures sera indiqué dans la marge et les légendes seront regroupées à la fin du texte, sur un feuillet séparé.

Un auteur ne pourra publier plus de 100 pages imprimées par an dans le *Bulletin*, en une ou plusieurs fois.

Une seule épreuve sera envoyée à l'auteur qui devra la retourner dans les quatre jours au Secrétariat, avec son manuscrit. Les « corrections d'auteurs » (modifications ou additions de texte) trop nombreuses, et non justifiées par une information de dernière heure, pourront être facturées aux auteurs.

Ceux-ci recevront gratuitement 50 exemplaires imprimés de leur travail. Ils pourront obtenir à leur frais des fascicules supplémentaires en s'adressant à la Bibliothèque centrale du Muséum : 38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris.


MUSEUM
NATIONAL
D'HIST.NAT.